



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 03 842 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 15 B 5/00**  
F 15 B 7/00  
H 02 N 2/04

②1 Aktenzeichen: 198 03 842.9  
②2 Anmeldetag: 31. 1. 98  
④3 Offenlegungstag: 19. 11. 98

DE 198 03 842 A 1

⑥6 Innere Priorität:  
297 08 546. 8 14. 05. 97

⑦1 Anmelder:  
FEV Motorentechnik GmbH & Co. KG, 52078  
Aachen, DE

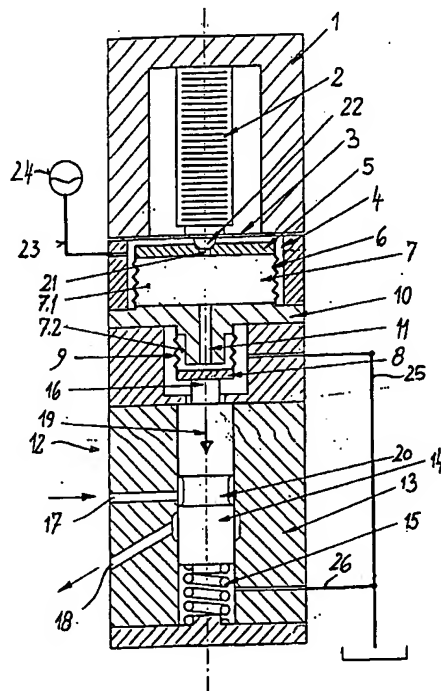
⑦4 Vertreter:  
Patentanwälte Maxton & Langmaack, 50968 Köln

⑦2 Erfinder:  
Gürich, Gunter, Dr.-Ing., 52074 Aachen, DE;  
Laumen, Hermann Josef, Dr.-Ing., 52525 Heinsberg,  
DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Elektrischer Festkörperaktuator mit hydraulischer Übersetzung

⑤7 Die Erfindung betrifft einen elektrischen Festkörperaktuator mit hydraulischer Übersetzung zur Betätigung eines Stellmittels, insbesondere zur Betätigung eines Ventils, mit einem mit Flüssigkeit gefüllten Vordruckraum (4), der auf einer Seite durch eine mit einem Aktuatorkörper (2) verbundene Membran (3) und auf der anderen Seite durch einen federnden, großflächigen Plattenkörper (5) begrenzt ist, wobei der Plattenkörper (5) seinerseits eine Seite eines Übertragerraums (7) begrenzt, der auf seiner anderen Seite durch einen federnd abgestützten kleinflächigen Kolbenkörper (8) begrenzt ist, der auf das Stellmittel (14) einwirkt, sowie mit einer Ventilöffnung (21) im Plattenkörper (5), die den Vordruckraum (4) mit dem Übertragerraum (7) verbindet und die über einen mit der Membran (3) verbundenen Ventilkörper (22) verschließbar ist.



DE 198 03 842 A 1

Festkörperaktuatoren in der Form von piezoelektrischen oder magnetostruktiven Aktuatoren bieten den Vorteil, daß die zugeführte elektrische Energie mit hohem Wirkungsgrad, frei von Reibung, Spiel und Verschleiß umgesetzt werden kann. Da der verfügbare Aktuatorstellweg in der Größenordnung bis zu 1500 µm in einer Reihe von Einsatzfällen zu gering ist, muß zur Erzielung höherer Stellwege für eine Übersetzung gesorgt werden. Als vorteilhaft haben sich hierbei Übersetzungssysteme herausgestellt, bei denen mit Hilfe einer Flüssigkeit, also eines inkompressiblen Mediums eine Erhöhung des Stellwegs erzielt werden kann. Für den Langzeiteinsatz ist es jedoch wichtig, daß Leckagen vermieden werden, wie dies beispielsweise von Jendritza und Schröder in "Konstruktion 46" (1994), Seite 376-380, dargestellt ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen elektrischen Festkörperaktuator mit hydraulischer Übersetzung zu schaffen, der leakagefrei ausgebildet ist und zugleich einen Temperatenausgleich ermöglicht, so daß beispielsweise die Betätigung eines nachgeschalteten Stellmittels über einen längeren Zeitraum in einer definierten Schaltstellung möglich ist.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch einen elektrischen Festkörperaktuator mit hydraulischer Übersetzung zur Betätigung eines Stellmittels, insbesondere zur Betätigung eines Ventils, mit einem mit Flüssigkeit gefüllten Vordruckraum, der auf einer Seite durch eine mit einem Aktuatorkörper verbundene Membran und auf der anderen Seite durch einen federnden großflächigen Plattenkörper begrenzt ist, wobei der Plattenkörper seinerseits eine Seite eines Übertragungsraumes begrenzt, der auf seiner anderen Seite durch einen federnd abgestützten kleinflächigen Kolbenkörper begrenzt ist, der auf das Stellmittel einwirkt, sowie mit einer Ventilöffnung im Plattenkörper, die den Vordruckraum mit dem Übertragerraum verbindet und die über einen mit der Membran verbundenen Ventilkörper verschließbar ist. Der Vordruckraum und der Übertragerraum, die miteinander in Verbindung stehen, können hierbei als hermetisch abgeschlossene Systeme ausgebildet werden, wobei der besondere Vorteil darin besteht, daß bei einer Beaufschlagung des Aktuatorkörpers mit elektrischer Energie infolge der Längenveränderung des Aktuatorkörpers dieser auf die Membran einwirkt, die wiederum auf den großflächigen Plattenkörper einwirkt, wobei durch den Ventilkörper an der Membran die Ventilöffnung im Plattenkörper geschlossen wird. Das im Übertragerraum nunmehr eingeschlossene Flüssigkeitsvolumen gewährleistet hierbei aufgrund seiner Inkompressibilität, daß das Stellmittel entsprechend der durch die Flächenverhältnisse von Plattenkörper und Kolbenkörper vorgegebenen Übersetzung verschoben wird und bei fortdauernder Beaufschlagung des Aktuatorkörpers mit elektrischer Energie auch in dieser Stellung gehalten wird. Wird der Aktuatorkörper deaktiviert, so wird die Membran mit dem Ventilkörper zurückgezogen, so daß bei der Rückfederung des Plattenkörpers und des Kolbenkörpers zwischen dem Vordruckraum und dem Übertragerraum ein Flüssigkeitsaustausch stattfinden kann. Hierdurch ist gewährleistet, daß der Übertragerraum immer mit einem vorgegebenen Flüssigkeitsvolumen gefüllt ist und somit reproduzierbare Stellwege auch im Langzeiteinsatz erreicht werden. Die Übertragung der Längenänderung des Aktuatorkörpers von der Membran auf den Plattenkörper kann grundsätzlich über zwischengeschaltete Übertragungsmittel erfolgen. Besonders zweckmäßig ist es jedoch, wenn gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung der Ventilkörper zugleich ein Übertragungsmittel zwischen Membran und Plattenkörper

bildet. Hierdurch ist gewährleistet, daß durch die Stellkraft des Aktuatorkörpers zugleich auch die erforderliche Dichtkraft zwischen Ventilkörper und Ventilöffnung aufgebracht wird.

Da üblicherweise die den Vordruckraum zum Aktuatorkörper hin abschließende Membran sehr dünn ausgebildet wird, reicht die Verformung der Membran aus, um eine etwaige Volumenverminderung im Vordruckraum durch ein Nachsaugen von Flüssigkeit in den Übertragerraum auszugleichen. Auch Volumenänderungen der Flüssigkeit infolge von Temperaturschwankungen können hierbei bis zu einem gewissen Grade ausgeglichen werden, ohne daß die Stelligenaugkeit beeinträchtigt wird.

In zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung ist jedoch vorgesehen, daß der Vordruckraum mit Mitteln zum Volumenausgleich in Verbindung steht. Dies kann beispielsweise durch einen dem Vordruckraum zugeordneten Speicherraum erfolgen, der beispielsweise nach Art eines Gasblasenspeichers ausgebildet ist, so daß eine konstante Füllung von Vordruckraum und Übertragerraum unter gleichem Druck im Ruhezustand des Aktuatorkörpers gegeben ist. Bei entsprechender Einstellung des Vordrucks im Volumenausgleich kann sogar sichergestellt werden, daß Volumenvergrößerungen der Flüssigkeit infolge von starken Temperaturerhöhungen bei entsprechender Auslegung der federnden Abstützung von Plattenkörper und Kolbenkörper keinen Einfluß auf die Stelligenaugkeit haben. Die Anordnung eines derartigen Volumenausgleichs bietet außerdem den Vorteil, daß der Aktuator bis auf die Verbindung mit der Stromversorgung hinsichtlich der Flüssigkeitsversorgung als autonomes System ausgebildet sein kann.

In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Vordruckraum mit einer Druckmittelversorgung in Verbindung steht. Durch eine derartige Anordnung besteht die Möglichkeit, unter Beibehaltung eines vorgebbaren Vordruckes für die Flüssigkeit hier für einen Flüssigkeitsaustausch Sorge zu tragen.

In besonders vorteilhafter Ausgestaltung ist für einen elektrischen Festkörperaktuator zur Betätigung eines Ventils in einer Flüssigkeitsleitung gemäß der Erfindung vorgesehen, daß der Vordruckraum mit einem Leckageraum in Verbindung steht. Hierdurch wird mit Vorteil ausgenutzt, daß Ventile mit einer Flüssigkeitsleitung, insbesondere Schieberventile, mit hoher Schalthäufigkeit und/oder hoher Schaltgeschwindigkeit nicht flüssigkeitsdicht ausgeführt werden können, so daß immer über eine Leckage ein Teil der Flüssigkeit aus der Flüssigkeitsleitung in den Ventilbereich austritt. Durch die gezielte Anordnung eines Leckageraums am Ventil und die Verbindung des Leckageraums mit dem Vordruckraum ist sichergestellt, daß zum einen der Vordruckraum und der mit ihm verbundene Übertragerraum immer mit Flüssigkeit gefüllt sind. Zum anderen ergibt sich für den Ablauf der Leckageflüssigkeit in den anderen Leckagebereichen des Ventils eine Drosselwirkung, so daß diese Bereiche praktisch nach Art eines Druckhalteventils arbeiten, so daß auch hierüber die Einhaltung eines ausreichenden Druckes im Vordruckraum gewährleistet ist.

Besonders zweckmäßig ist es jedoch, wenn der Leckageraum und/oder der Vordruckraum über ein Druckhalteventil mit einem Leckflüssigkeitsablauf in Verbindung steht. Hierdurch besteht die Möglichkeit, im Vordruckraum einen definierten Vordruck einzustellen.

Die Erfindung wird anhand schematischer Zeichnungen von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Grundkonzeption für einen Aktuator zur Betätigung eines Ventilschiebers,

Fig. 2 eine Ausführungsform gem. Fig. 1 mit Druckmittelversorgung.

Der in Fig. 1 schematisch dargestellte elektrische Festkörperaktuator besteht im wesentlichen aus einem Aktuatorgehäuse 1, in dem ein Aktuatorkörper 2 angeordnet ist. Der Aktuatorkörper 2 kann hierbei sowohl als piezoelektrisches System wie auch als magnetostriktives System ausgebildet sein. Dem piezoelektrischen System ist jedoch hierbei der Vorzug zu geben, da dieses einfacher im Aufbau ist, praktisch verlustfrei arbeitet und auch keinerlei Kühlung benötigt. Der weitere Vorteil des piezoelektrischen Systems liegt in der hohen Schaltgeschwindigkeit.

Das Aktuatorgehäuse 1 wird durch eine verhältnismäßig dünne Membran 3 abgeschlossen, die mit dem Aktuatorkörper 2 in unmittelbarer Wirkverbindung steht.

Die Membran 3 schließt auf der dem Aktuatorkörper 2 abgekehrten Seite einen Vordruckraum 4 dicht ab. Der Vordruckraum 4 ist andererseits durch einen federnden großflächigen Plattenkörper 5 ebenfalls dicht abgeschlossen, der die Bodenseite eines Federbalges 6 bildet. Durch den Federbalg 6 wird gegenüber dem Vordruckraum 4 ein Übertragerraum 7 abgeschlossen, der an seiner anderen Seite seinerseits durch einen Kolbenkörper 8 als Teil eines Federbalges 9 begrenzt ist. Der Federbalg 6 und der Federbalg 9 sind an einem Trägerkörper 10 befestigt, der mit einem Verbindungskanal 11 versehen ist und der zugleich einen Teil des Übertragerraums 7 bildet.

Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist als zu betätigendes Stellmittel 12 ein hydraulisches Schiebertventil vorgesehen, das ein Schiebegehäuse 13 aufweist, in dem ein Ventilschieber 14 gegen die Kraft einer Rückstellfeder 15 in Achsrichtung verschiebbar geführt ist. Der Ventilschieber 14 ist mit einem Ansatz 16 versehen, auf dem sich der den Übertragerraum 7 abschließende Kolbenkörper 8 abstützt. Im Schiebegehäuse 13 ist ein Zulauf 17 und ein Ablauf 18 vorgesehen. In der Zeichnung ist das Ventil in Schließstellung dargestellt. Wird der Ventilkörper 14 in Richtung des Pfeiles 19 gegen die Kraft der Rückstellfeder 15 verschoben, dann wird durch die Ringnut 20 im Schieberkörper 14 die direkte Verbindung zwischen dem Zulauf 17 und dem Ablauf 18 freigegeben.

Der Plattenkörper 5 ist mit einer Ventilöffnung 21 versehen, der ein mit der Membran 3 verbundener Ventilkörper 22 zugeordnet ist. In Ruhestellung wird der über den Federbalg 6 federnd abgestützte Plattenkörper 5 mit seiner Ventilöffnung 21 gegen den Ventilkörper 22 gedrückt. Damit dient der Ventilkörper 22 zugleich als Übertragungsmittel, durch das jede Längenänderung des Aktuatorkörpers 2 auf den Plattenkörper 5 unmittelbar übertragen wird. Der Vordruckraum 4 und der Übertragerraum 7 sind mit einer Flüssigkeit, d. h. einem inkompressiblen Medium gefüllt. Wird nun an den Aktuatorkörper 2 eine Spannung angelegt, so daß dieser eine Längenänderung erfährt, dann wird um das gleiche Maß auch der Plattenkörper 5 verschoben. Da die Fläche des Plattenkörpers 5 im Verhältnis zur gewünschten Übersetzung größer ist als die Fläche des Kolbenkörpers 8, wird aus dem oberen Teil des Übertragungsraumes 7.1 durch den Verbindungskanal 11 eine entsprechende Flüssigkeitsmenge hindurchgedrückt, die infolge des geringeren Volumens im unteren Teil 7.2 des Übertragerraums 7 zu einer entsprechend größeren Verschiebung des Kolbenkörpers 8 führt. Dementsprechend wird der Schieberkörper 14 um das gleiche Maß verschoben und damit die Verbindung zwischen dem Flüssigkeitszulauf 17 zum Flüssigkeitsablauf 18 freigegeben.

Wird nun der Aktuatorkörper 2 spannungsfrei gesetzt, zieht dieser sich sofort zusammen, so daß der Ventilkörper 22 an der Membran 3 die Ventilöffnung 21 am Plattenkörper 5 kurzfristig freigibt, so daß beim Zurückbewegen des Plattenkörpers 5 ein Flüssigkeitsaustausch zwischen dem Vor-

druckraum 4 und dem Übertragerraum 7 stattfinden kann. Damit ist gewährleistet, daß der Übertragerraum 7 immer mit dem gleichen Flüssigkeitsvolumen gefüllt ist und somit bei einer Betätigung auch immer der gleiche Stellweg für den Schieberkörper 14 gewährleistet ist. Je nach der für den Vordruckraum 4 und den Übertragerraum 7 gewählten Raumgeometrie kann es zweckmäßig sein, wenn der Vordruckraum 4 über eine Zuleitung 23 mit Mitteln 24 zum Volumenausgleich in Verbindung steht. Diese Mittel können, wie hier angedeutet, beispielsweise durch einen kleinen Speicherraum nach Art eines Gasblasenspeichers gebildet werden, durch den zum einen gewährleistet wird, daß im Vordruckraum 4 und im Übertragerraum 7 bei geöffnetem Ventil 21, 22 der gleiche Druck herrscht. Zugleich kann hierdurch sichergestellt werden, daß bei starken Temperaturschwankungen Dehnungen der verwendeten Flüssigkeit nicht zu einer Veränderung der Übertragungsgeometrie in Achsrichtung führen sondern im Bereich des Speicherraums aufgenommen werden, so daß eine Volumenkonstanz von Vordruckraum 4 und Übertragerraum 7 gewährleistet ist.

Die im Bereich des Schieberkörpers 14 anfallende Leckflüssigkeit wird über eine Leckageleitung 25 im Bereich des Ansatzes 16 und im Bereich der Rückstellfeder 15 über eine Leckageleitung 26 abgezogen.

Die Ausführungsform gem. Fig. 2 ist im Grundprinzip in gleicher Weise aufgebaut, wie die anhand von Fig. 1 beschriebene Ausführungsform, so daß hierauf verwiesen werden kann.

Während es grundsätzlich möglich ist, an die Stelle des in Fig. 1 dargestellten Mittel zum Volumenausgleich 24 beispielsweise in Form eines Gasblasenspeichers eine Druckmittelversorgung anzuschließen, durch die ein vorgegebbarer Vordruck im Vordruckraum 4 und entsprechend auch im Übertragerraum 7 aufrechterhalten wird, ist bei der Ausführungsform gem. Fig. 2 die Druckmittelversorgung des Vordruckraums 4 mit Hilfe einer Überströmleitung 29 bewerkstelligt, durch die aus einem Leckagesammelraum 30 im Schieberkörper 14 ein Teil der Leckageflüssigkeit in den Vordruckraum 4 nach Art einer Druckmittelversorgung übergeleitet wird. Durch die Anordnung eines Druckhalteventils 27, das zwischen dem Leckagesammelraum 30 und der Leckageflüssigkeitsableitung 28 angeordnet ist, kann bei diesem System dafür gesorgt werden, daß der Vordruckraum 4 unter einem konstanten Vordruck gehalten wird, so daß auch thermisch bedingte Volumenänderungen der Druckflüssigkeit keine negativen Auswirkungen auf das Übertragungssystem haben.

Bei der Ausführungsform gem. Fig. 2 ist der Trägerkörper 10 mit einem in den oberen Teil 7.1 des Übertragungsraumes 7 hineinragenden Ansatz 7.3 versehen, durch den das Gesamtvolumen dieses Teils reduziert wird.

Abweichend von Fig. 1 kann die Membran 3 auch so ausgebildet sein, daß sie den Ventilkörper bildet. Dies ist beispielsweise dadurch möglich, daß die Ventilöffnung 21 auf ihrer der Membran 3 zugekehrten Seite durch einen ringförmigen Ansatz begrenzt wird, der die Fläche des Plattenkörpers 5 etwas überragt und einen Ventilsitz für die Membran bildet.

Es ist ferner möglich, den Plattenkörper 5 und/oder den Kolbenkörper 8 jeweils selbst membranartig auszubilden, so daß sie entsprechend verformbar und federnd sind. Die Anordnung eines entsprechenden Federbalges kann dann entfallen. Bei größeren Stellwegen ist es zweckmäßig, wenn der Plattenkörper 5, insbesondere der Kolbenkörper 8 als sogenannte Sickenmembran ausgebildet und dadurch eine größere Durchbiegung möglich ist.

## Patentansprüche

1. Elektrischer Festkörperaktuator mit hydraulischer Übersetzung zur Betätigung eines Stellmittels, insbesondere zur Betätigung eines Ventils, mit einem mit Flüssigkeit gefüllten Vordruckraum (4), der auf einer Seite durch eine mit einem Aktuatorkörper (2) verbundene Membran (3) und auf der anderen Seite durch einen federnden, großflächigen Plattenkörper (5) begrenzt ist, wobei der Plattenkörper (5) seinerseits eine Seite eines Übertragerraums (7) begrenzt, der auf seiner anderen Seite durch einen federnd abgestützten kleinflächigen Kolbenkörper (8) begrenzt ist, der auf das Stellmittel (14) einwirkt, sowie mit einer Ventilöffnung (21) im Plattenkörper (5), die den Vordruckraum (4) mit dem Übertragerraum (7) verbindet und die über einen mit der Membran (3) verbundenen Ventilkörper (22) verschließbar ist.
2. Festkörperaktuator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilkörper (22) ein Übertragungsmittel zwischen der Membran (3) und dem Plattenkörper (5) bildet,
3. Festkörperaktuator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Vordruckraum (4) mit Mitteln (24; 29, 30) zum Volumenausgleich in Verbindung steht.
4. Festkörperaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Vordruckraum (4) mit einer Druckmittelversorgung in Verbindung steht.
5. Festkörperaktuator zur Betätigung eines Ventils (14) in einer Flüssigkeitsleitung, dadurch gekennzeichnet, daß der Vordruckraum (4) mit einem Leckageraum (30) in Verbindung steht.
5. Festkörperaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Leckageraum (30) und/oder der Vordruckraum (4) über ein Druckhalteventil (27) mit einem Flüssigkeitsablauf (28) in Verbindung steht.
7. Festkörperaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilkörper (22) einen integralen Bestandteil der Membran (3) bildet.
8. Festkörperaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Plattenkörper (5) und/oder der Kolbenkörper (8) jeweils über einen Federbalg (6, 9) an einem Trägerkörper (10) befestigt sind.
9. Festkörperaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Plattenkörper (5) und/oder der Kolbenkörper (8) membranartig ausgebildet sind.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

55

60

65

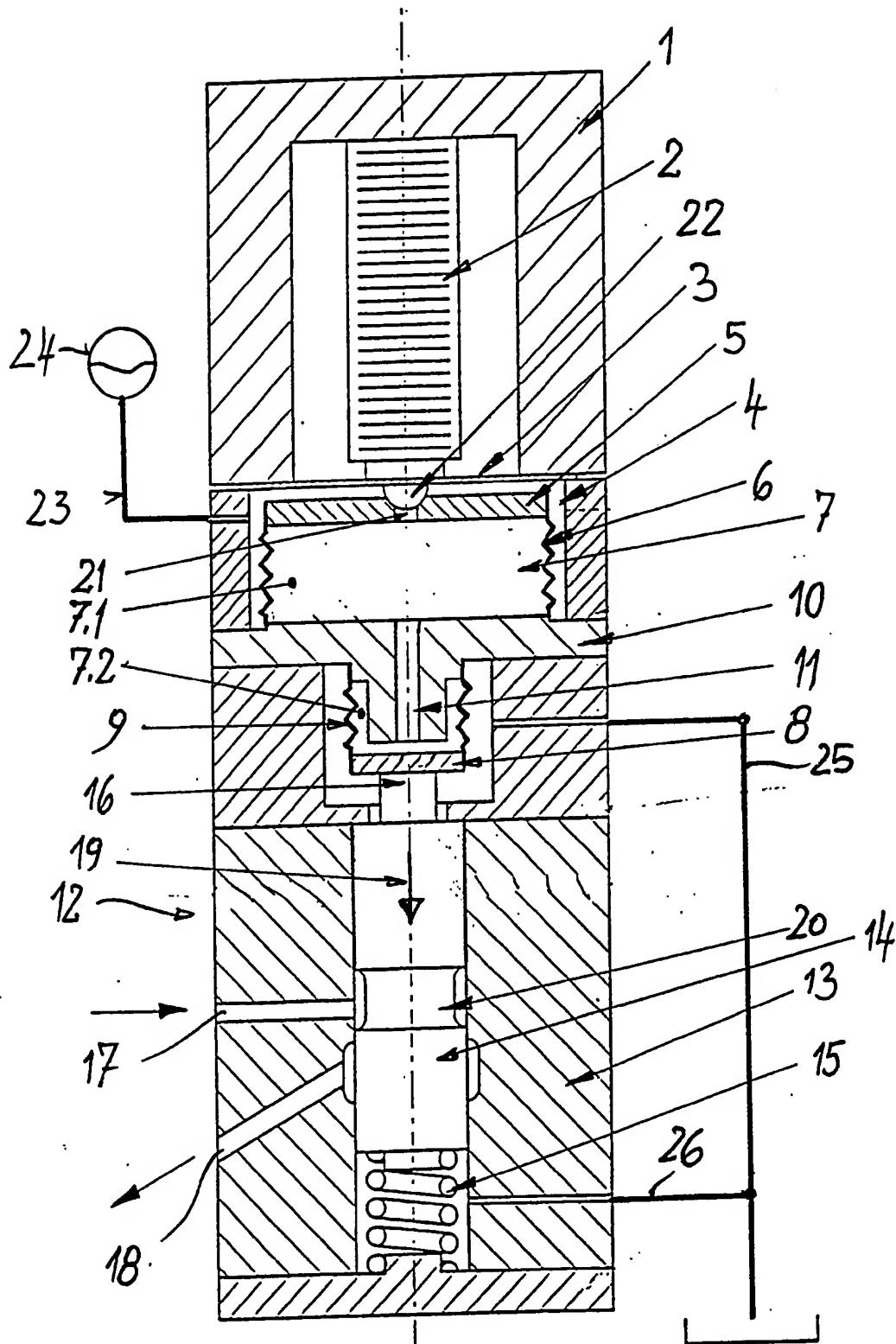


Fig. 1

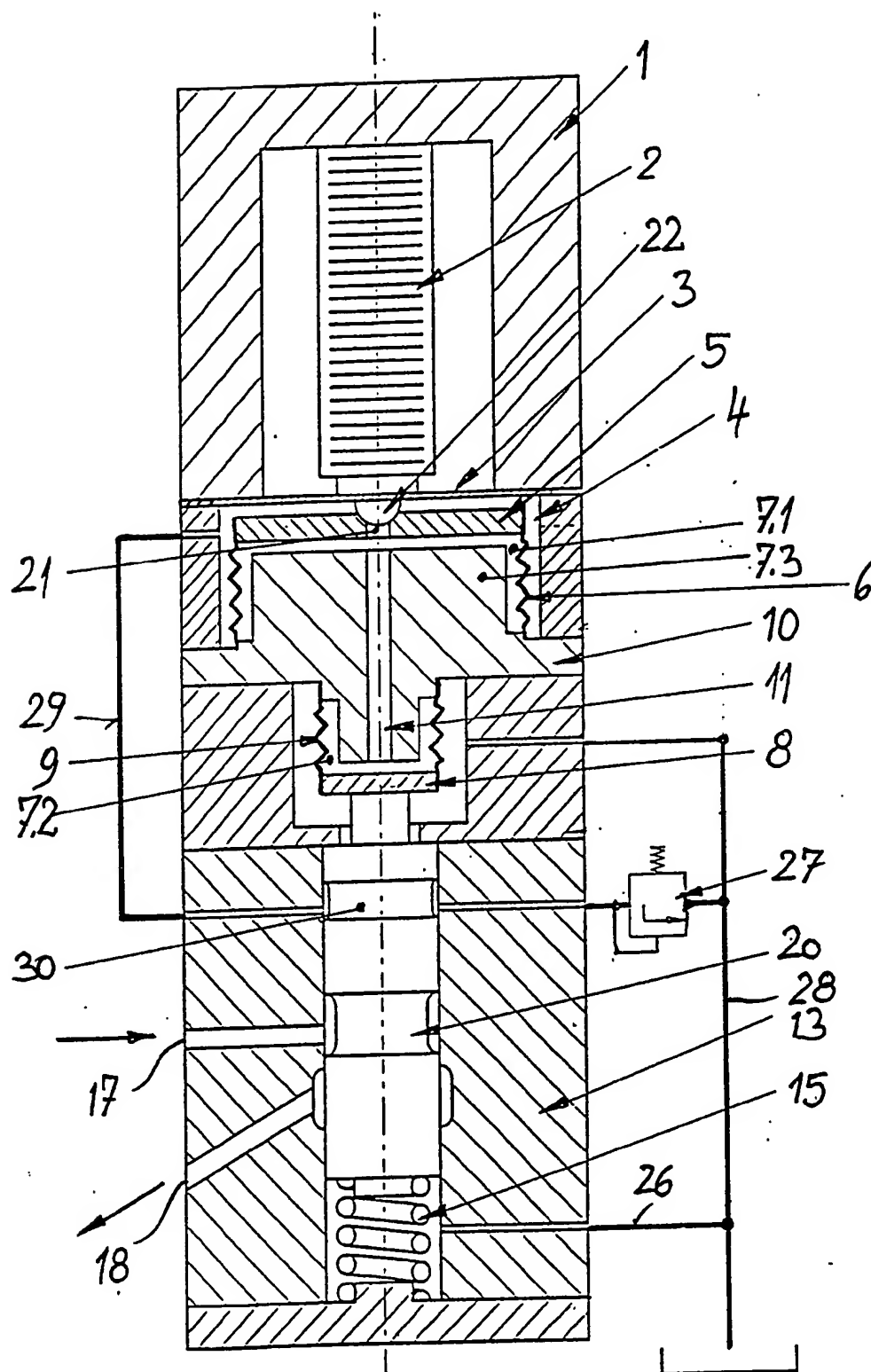


Fig. 2